

⑯日本国特許庁 (JP)

⑪特許出願公開

⑫公開特許公報 (A)

平4-142788

⑬Int.Cl.<sup>5</sup>

H 01 S 3/18

識別記号

府内整理番号

9170-4M

⑭公開 平成4年(1992)5月15日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全4頁)

⑮発明の名称 分布帰還型半導体レーザ

⑯特 願 平2-267078

⑰出 願 平2(1990)10月3日

⑱発明者 知念 幸勇 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝堀川町工場内

⑲出願人 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

⑳代理人 弁理士 鈴江 武彦 外3名

### 明細書

#### 1. 発明の名称

分布帰還型半導体レーザ

#### 2. 特許請求の範囲

(1) 半導体基板上に少なくとも活性層と、

前記活性層よりもバンドギャップが大きくかつ  
一方に回折格子が形成された光ガイド層とを備  
え、

前記回折格子は所定長領域異なったピッチを有  
して光導波方向に複数形成されていることを特徴  
とする分布帰還型半導体レーザ。

(2) 半導体基板上に少なくとも活性層と、

前記活性層よりもバンドギャップが大きくかつ  
一方に回折格子が形成された光ガイド層とを備  
え、

前記回折格子ピッチは

$$\Delta = \frac{\lambda (2n, L \pm m\lambda)}{4n,^2 L}$$

ただし、

$\Delta$  : 格子ピッチ

$n$  : 光導波路の実行屈折率

$L$  : 共振器長

$m$  : 正の整数

$\lambda$  : 発振波長

で与えられる所定長の領域を有して光導波方向に  
複数形成されていることを特徴とする分布帰還型  
半導体レーザ。

#### 3. 発明の詳細な説明

##### 【発明の目的】

(産業上の利用分野)

この発明は特に光ファイバ通信等に用いられる  
分布帰還型半導体レーザに関する。

##### (従来の技術)

光ファイバ通信は周知のように、半導体レ  
ーザ等の発光素子を変調して得られる光信号を光フ  
ァイバで伝送するものであり、長距離伝送には光  
ファイバ内の光信号の分散による劣化を避ける  
ために縦单一モード半導体レーザが用いられる。  
特に、ケーブルテレビジョン等のアナログ多チャ

ンネル映像伝送には低雑音特性の優れた継單一モード半導体レーザが用いられる。

上記継單一モード半導体レーザは、分布帰還型半導体レーザで実施されている。分布帰還型半導体レーザは例えば第2図に示すように半導体基板21上に順次形成された回折格子22、光導波路23、活性層24、クラッド層25、コンタクト層26からなり、これらの層を挟む電極27と28にバイアス電流を印加することにより、活性層24に電流を注入し発振させ、回折格子ピッチと光導波路23、活性層24の組成とディメンジョンで定まる単一波長を取り出すことができる。

上記構成によれば、活性層24と光導波路23での光子と電子の相互作用が単一波長モードに関してのみ行われるため、内部の電界分布は回折格子22のピッチ、活性層24、光導波路23の寸法、精度に強く影響され、最適条件からはずれると、注入電流密度の大きさによっては極端な非線形出力特性(キンク)や複数波長発振などが観測され、製造上の歩留り低下や使用上の信頼性低下などの問題

数波長発振などが発生しない高信頼性で低雑音特性及び低歪特性を有する分布帰還型半導体レーザを提供することにある。

#### [発明の構成]

##### (課題を解決するための手段)

この発明の分布帰還型半導体レーザは、半導体基板上に少なくとも活性層と、前記活性層よりもバンドギャップが大きくかつ一方に回折格子が形成された光ガイド層とを備え、前記回折格子は所定長領域異なったピッチを有して光導波方向に複数形成されていることを特徴としている。

##### (作用)

この発明では、異なったピッチの回折格子を配置することにより発振波長モード数を制御し、モード分配雑音を低減し、非線形出力を改善する。

##### (実施例)

以下、図面を参照してこの発明を実施例により説明する。

第1図はこの発明の一実施例による分布帰還型半導体レーザの構成を示す断面図である。InP

がある。

アナログ多チャンネル映像伝送には、低雑音特性と低歪特性を兼ね備えた継單一モード半導体レーザが最適であるが、上記のようにキンク発生の問題がある。一方、回折格子22のないファブリ・ペロー型半導体レーザは光子と電子の相互作用が複数のモードで行われるため、光出力特性における線形性ははるかに優れており、アナログ変調に適している。しかし、複数のモード間で行われる電子、光子の相互作用はモード分配雑音となり、相対雑音強度(RIN)が継單一モード半導体レーザよりも約20dB大きく、アナログ的には使えない。

##### (発明が解決しようとする課題)

このように、従来では低雑音特性及び低歪特性を有する継單一モード半導体レーザは活性層と光導波路での光子と電子の相互作用が単一波長モードに関してのみ行われるため、内部の電界分布は回折格子のピッチ、活性層、光導波路の寸法、精度に強く影響される。よって、最適条件からは

を導入したN型半導体基板1上に、所定長ずつ異なったピッチを有する回折格子2が形成されている。この回折格子2のピッチは次式に示されるような値を中心として一定のずれ量を持たせている。

$$\Delta = \lambda / 2n, \dots (1)$$

ただし、

$\lambda$  : 格子ピッチ

$\lambda$  : 発振波長

$n$  : 光導波路の実行屈折率

従って、例えば半導体レーザにおける1.3μm帯の発振波長の場合、 $n = 3.7$ を用いれば、上記(1)式により、 $\Delta = 1770\text{ \AA}$ が所定のピッチ長となる。他に $\Delta = 1771.6\text{ \AA}$ のピッチを有する回折格子を上記 $\Delta$ のピッチの回折格子と交互に50μmずつ配置する。

上記異なったピッチを有する回折格子2上にInGaAsP導入の光導波路層(光ガイド層)3、活性層4、InP導入P型のクラッド層5、InGaAsP導入P+型のコンタクト層6が順

次積層されている。基板下及びコンタクト層6上にはそれぞれ電極7, 8が形成されている。

第2図は第1図の構成の光出力側付近の断面図である。単一横モードを得るために活性層4と光導波路の幅wは1μm程度になっている。これらの活性層、光導波路の両側はInPのN-P型逆接合プロッキング層9で光学的にも電気的にも閉じ込められている。

このように構成された分布帰還型半導体レーザは、発振波長1310nmと1311nmを有し、それぞれ2つの発振モードのサイドモード抑圧比は35dB以上ある。光子と電子の相互作用はこれらの2モードに分配されるため、回折格子ピッチ、活性層寸法、光導波路寸法の最適条件からのずれたとしても非線形出力特性は大幅に改善される。これにより、製品歩留まりの向上が達成される。

また、例えば、抑圧比が30dBであっても2つの発振モードの波長間隔が1nmなので長距離伝送時の分散にはほとんど影響されない。

ただし、

$\Delta\lambda_m$  : 波長間隔

$n_r$  : 光導波路の実行屈折率

$\lambda$  : 発振波長

$L$  : 共振器長

そして、この場合の回折格子ピッチ $\Lambda_m$ は、

$$\Lambda_m = \frac{\lambda \pm m \Delta\lambda_m}{2 n_r} \quad \dots (3)$$

(2)式を代入して、

$$\Lambda_m = \frac{\lambda (2 n_r L \pm m \lambda)}{4 n_r^2 L} \quad \dots (4)$$

(mは整数)

で表される。中心波長 $\lambda_m$ としてこれを軸にm=1の条件で3種類の回折格子ピッチを形成する。各々の配置は $\Lambda_m$ を中心にして左右に交互に $\Lambda_m$ を分配する。 $\lambda = 1310\text{nm}$ とすれば、

$$\Lambda_m = 1770\text{Å}, \Lambda_m = 1771.3\text{Å}, \Lambda_m = 1769.2\text{Å}$$

が回折格子2のピッチとなる。

このような構成による分布帰還型半導体レーザ

なお、上記実施例において、1.3μm帯の回折格子ピッチを用いたが、1.55μm帯でも同様の効果が得られる。その場合、必要に応じて活性層4上にバッファ層を形成してもよい。

また、回折格子2は活性層4上に形成してもよい。さらに回折格子2のピッチは50μmで変更するように構成したが、これに限らず、均等な割合で回折格子2のピッチが変化すればよく、不等間隔、任意の順列でもかまわない。

次に、この発明の他の実施例を上記第1図を参照して説明する。

アナログ多チャンネル映像伝送においては、低雑音多モード半導体レーザが、戻り光耐量の点からも理想的である。従って、次式で表されるファブリ・ペローモードの波長間隔 $\Delta\lambda_m$ と同じ発振波長をもたらす回折格子ピッチを複数形成すればよい。ファブリ・ペローモードの波長間隔 $\Delta\lambda_m$ は次式で表される。

$$\Delta\lambda_m = \lambda^2 / 2n_r L \quad \dots (2)$$

は発振波長が3モードであるので、3~4本の主発振モードを持つファブリ・ペローモードと合致する。これにより、端面反射により位相変化の影響を受けない。また、光子と電子の相互作用が3モードに分配されて行われるため、キング等の非線形出力特性がほとんど見られなくなる。また、モード分配も回折格子で利得が特定されているためほとんどなく、ファブリ・ペロー特有の大きな相対雑音強度が改善されている。

なお、この実施例では $\lambda = 1310\text{nm}$ としたが、1550nmや他の波長でもよい。また、波長モードは3種類としたが2本以上であればこの発明の効果は期待できる。さらに共振器端面の反射率は任意に設定しても良い。

#### [発明の効果]

以上説明したようにこの発明によれば、異なるピッチの回折格子を複数配置したので、マルチモードでありながら、純單一モードの特性を持つ発振モードが得られるので、非線形特性のない、低雑音特性を有する分布帰還型半導体レーザを構

供することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

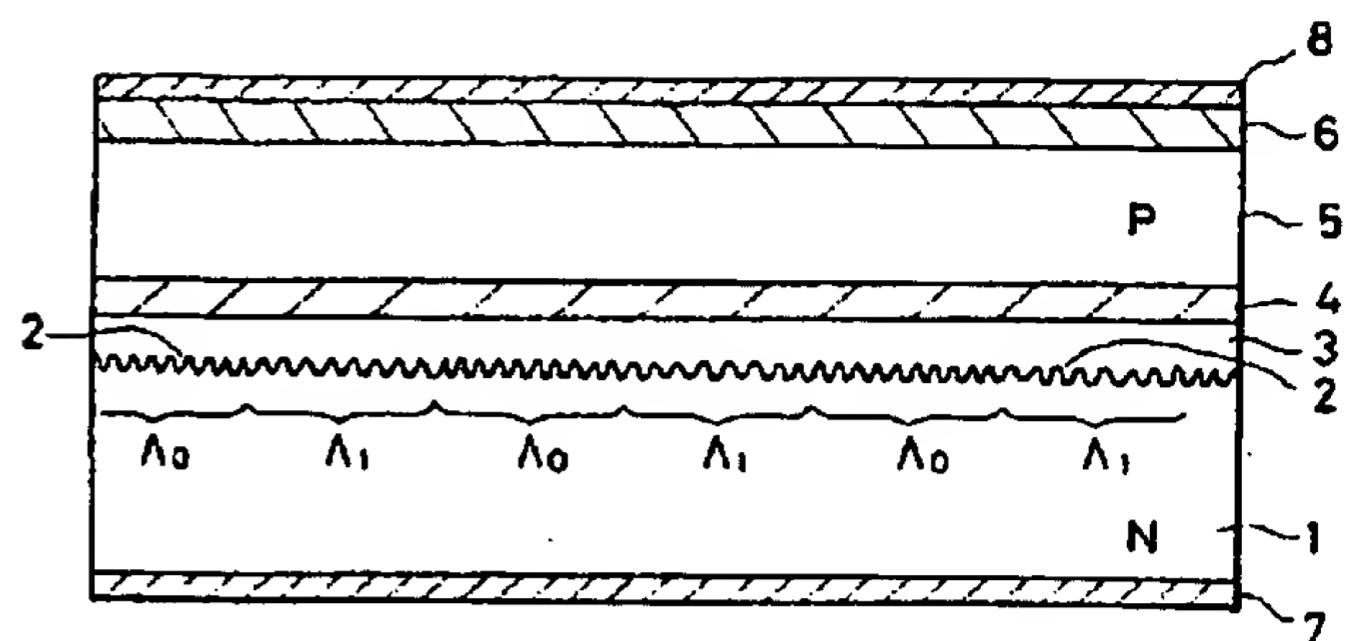
第1図はこの発明の一実施例による分布帰還型半導体レーザの構成を示す断面図、

第2図はこの発明の一実施例による分布帰還型半導体レーザの光出力側の一部の断面図、

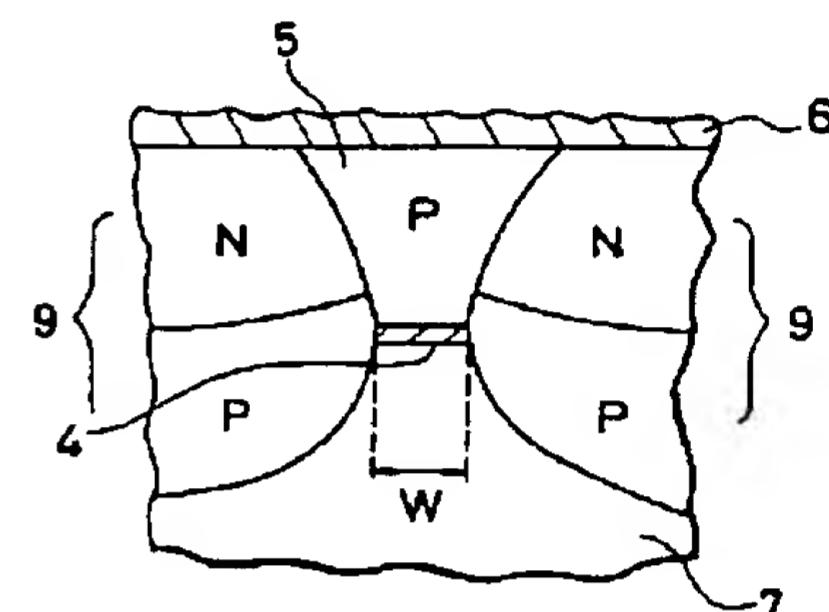
第3図は従来の分布帰還型半導体レーザの構成を示す断面図

である。

1…N型半導体基板、2…回折格子、3…光導波路層、4…活性層、5…クラッド層、6…コンタクト層、7, 8…電極、9…逆接合ブロッキング層。

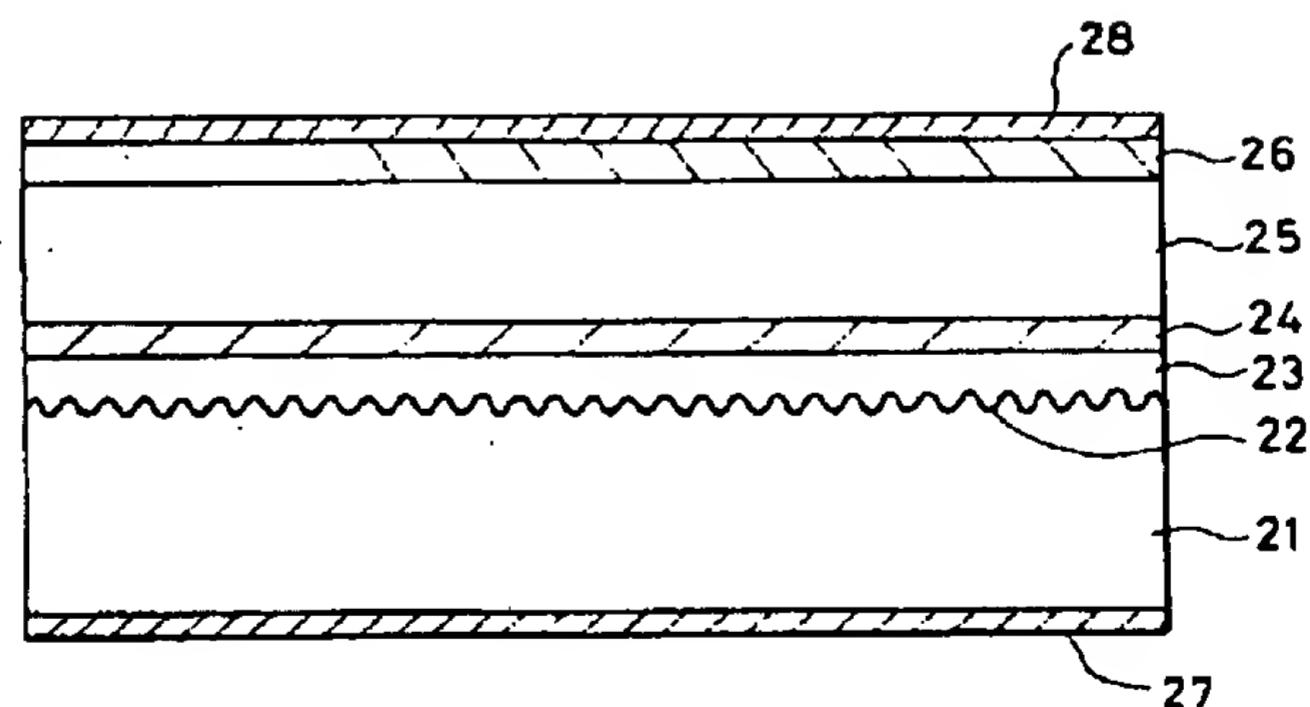


第1図



第2図

出願人代理人 弁理士 鈴江武彦



第3図

Japanese Patent Laid-open No. HEI 04-142788 A

Publication date : May 15, 1992

Applicants : TOSHIBA CORP

Title : DISTRIBUTED FEEDBACK SEMICONDUCTOR LASER

## SPECIFICATION

### 1. Title of the Invention

Distributed Feedback Semiconductor Laser

### 2. Scope of Claims for Patent

(1) A distributed feedback semiconductor laser comprising:

at least an active layer on a semiconductor substrate; and  
an optical guide layer having a band gap larger than that of the active  
layer, and a plurality of diffraction gratings formed on one side of the optical  
guide layer,

wherein the plurality of diffraction gratings having different pitches are  
formed in an optical waveguide direction, and the pitch has a predetermined  
length.

2. A distributed feedback semiconductor laser comprising:

at least an active layer on a semiconductor substrate; and  
an optical guide layer whose band gap is larger than that of the active  
layer, a plurality of diffraction gratings being formed on one side of the optical  
guide layer,

wherein the plurality of diffraction gratings having different pitches are  
formed in an optical waveguide direction, and the pitch has a predetermined

length, given by

$$\Lambda_m = \frac{\lambda(2_n, L \pm m\lambda)}{4_n,^2 L}$$

where

$\Lambda_m$ : grating pitch,  
 $n$ : effective refractive index of optical waveguide,  
 $L$ : oscillator length,  
 $m$ : positive integer, and  
 $\lambda$ : oscillation wavelength.

delete

### 3. Detailed Description of the Invention

#### [Object of the Invention]

#### (Industrial Applicability)

The present invention relates to a distributed feedback semiconductor laser particularly used for optical fiber communications and the like.

#### (Prior Art)

As is well known, the optical fiber communication is one in which an optical signal obtained by modulating an emitting device such as the semiconductor laser is transmitted through the optical fiber. In a long distance transmission, a single longitudinal mode semiconductor laser is used in order to avoid degradation caused by dispersion of the optical signal in the optical fiber. Particularly, the single longitudinal mode semiconductor laser having excellent low noise characteristics is used for analog multi-channel video transmissions such as a transmission for cable television.

The single longitudinal mode semiconductor laser is realized by the

distributed feedback semiconductor laser. As shown in Fig. 2, for example, in the distributed feedback semiconductor laser, a diffraction grating 22, an optical waveguide 23, an active layer 24, a cladding layer 25, and a contact layer 26 are sequentially formed on a semiconductor substrate 21. By applying bias current to electrodes 27 and 28 sandwiching these layers, the current is injected into the active layer 24 to oscillate, which allows a single wavelength determined by the diffraction grating pitch, composition and dimensions of the optical waveguide 23 and the optical waveguide 23 to be extracted.

According to the above configuration, because an interaction between a photon and an electron occurs only with respect to the single wavelength mode in the active layer 24 and the optical waveguide 23, an inter electric field distribution is strongly affected by the pitch of the diffraction grating 22 and the dimensions and accuracy of the active layer 24 and the optical waveguide 23. When the diffraction grating pitch and the dimensions of the active layer 24 and optical waveguide 23 are outside the optimum conditions, depending on a magnitude of injection current density, extreme nonlinear output characteristics (kink), multi-wavelength oscillation, and the like may be occasionally observed. This results in problems such as a decrease in yield during manufacturing and a decrease in reliability in use.

The single longitudinal mode semiconductor laser having both the low noise characteristics and low distortion characteristics is most suitable for the analog multi-channel video transmission. However, as described above, there is a problem that kink may be generated. On the other hand, in a Fabry-Perot semiconductor laser having no diffraction grating 22, because the

interaction between the photon and the electron occurs in the plurality of modes, the Fabry-Perot semiconductor laser is much better than the single longitudinal mode semiconductor laser in linearity in optical output characteristics, and the Fabry-Perot semiconductor laser is suitable for analog modulation. However, the interaction between the photon and the electron which occurs in the plurality of modes becomes mode partition noise, and relative intensity noise (RIN) of the Fabry-Perot semiconductor laser is about 20 dB larger than that of the single longitudinal mode semiconductor laser. Therefore, the Fabry-Perot semiconductor laser cannot be used in analog.

(Problems to be Solved by the Invention)

As described above, in the conventional single longitudinal mode semiconductor laser having both the low noise characteristics and the low distortion characteristics, because the interaction between the photon and the electron occurs only with respect to the single wavelength mode in the active layer and the optical waveguide, the inside electric field distribution is strongly affected by the pitch of the diffraction grating and the dimensions and accuracy of the active layer and the optical waveguide. Therefore, an object of the present invention is to provide the distributed feedback semiconductor laser which has a high reliability, low noise characteristics, and low distortion characteristics such that the multi-wavelength oscillation and the like are never generated even if the diffraction grating pitch and the dimensions of the active layer 24 and optical waveguide 23 are outside the optimum conditions.

[Constitution of the Invention]

(Means to Solve the Problems)

A distributed feedback semiconductor laser of the present invention

comprises at least an active layer on a semiconductor substrate and an optical guide layer having a band gap larger than that of the active layer, and a plurality of diffraction gratings formed on one side of the optical guide layer, wherein the plurality of diffraction gratings having different pitches are formed in an optical waveguide direction, and the pitch has a predetermined length.

(Operation)

In the present invention, by arranging the diffraction gratings having the different pitches, the number of oscillation wavelength modes is controlled and the mode partition noise is decreased, allowing non-linear output to be improved.

(Embodiments)

Exemplary embodiments of the present invention will be described below with reference to the accompanying drawings.

Fig. 1 is a sectional view of the configuration of the distributed feedback semiconductor laser according to the embodiment of the invention. A diffraction grating 2 is formed on an N-type semiconductor substrate 1 in which InP is doped. The different pitches are formed in the diffraction grating, and the pitch is formed over an area having a predetermined length. The pitch of the diffraction grating 2 is given by the following equation:

$$\Lambda = \lambda / 2n, \quad \dots (1)$$

where,

$\Lambda$ : grating pitch,

$\lambda$ : oscillation wavelength, and

$n$ : effective refractive index of optical waveguide.

Accordingly, for example in the case of the oscillation wavelength of

the 1.3  $\mu\text{m}$  band in the semiconductor laser, the predetermined pitch length of  $\Lambda_0 = 1770\text{\AA}$  is obtained from the equation (1) by using  $n_s=3.7$ . The diffraction gratings having the pitch of  $\Lambda_0=1770\text{\AA}$  and the diffraction gratings having the pitch of  $\Lambda_1=1771.6\text{\AA}$  are alternately arranged with each pitch length of 50  $\mu\text{m}$ .

An InGaAsP-doped optical waveguide layer (optical guide layer) 3, an active layer 4, InP-doped P-type cladding layer 5, and an InGaAsP-doped  $\text{P}^+$ -type contact layer 6 are sequentially laminated on the diffraction grating 2 in which the diffraction gratings having different pitches. An electrode 7 and an electrode 8 are formed beneath the substrate 1 and on the contact layer 6, respectively.

Fig. 2 is a sectional view near an optical output side in the configuration of Fig. 1. In order to obtain a single lateral mode, a width  $w$  of the active layer 4 and the optical waveguide is formed to be about 1  $\mu\text{m}$ . N-P type inverse junction blocking layers 9 are formed on the both sides of the active layer 4 and the optical waveguide to secure optical and electrical confinement.

In the distributed feedback semiconductor laser having the above-described configuration, the oscillation wavelength is 1310 nm and 1311 nm, and a side mode suppression ratio is not lower than 35 dB in each of two oscillation modes. Since the interaction between the photon and the electron is distributed to these two modes, the nonlinear output characteristics is largely improved even if it is shifted from the optimum conditions of the diffraction grating pitch, the active layer dimensions, and the optical waveguide dimensions. Therefore, the improvement of product yield is achieved.

Even if the side mode suppression ratio is 30 dB, the oscillation wavelengths of 1310 nm and 1311 nm are not substantially affected by the

dispersion in long distance transmission because a wavelength interval between two oscillation modes is 1 nm.

While the diffraction grating pitch of the 1.3  $\mu\text{m}$  band is used in the embodiment, the same effect can be obtained in the diffraction grating pitch of the 1.55  $\mu\text{m}$  band. In this case, a buffer layer on the active layer 4 may be formed, if necessary.

The diffraction grating 2 may be formed on the active layer 4. While the pitch of the diffraction grating 2 is formed to be changed in each 50  $\mu\text{m}$  in the embodiment, the present invention is not limited to this. As long as the pitch of the diffraction grating 2 is changed with a uniform ratio among the diffraction gratings, the pitch of the diffraction grating 2 may be changed with the unequal intervals, or the pitch may be changed with arbitrary permutations among the diffraction gratings.

With reference to Fig. 1, another embodiment of the present invention will be described next.

From the viewpoint of optical feed back resistance, the low-noise multi-mode semiconductor laser is ideally suitable for the analog multi-channel video transmission. Accordingly, in the low-noise multi-mode semiconductor laser, the plurality of diffraction grating pitches that brings about the oscillation wavelength equal to the wavelength interval  $\Delta\lambda_m$  of the Fabry-Perot mode expressed by the following equation are formed. The wavelength interval  $\Delta\lambda_m$  of the Fabry-Perot mode is given by the following equation:

$$\Delta\lambda_m = \lambda^2 / 2n, L \quad \dots (2)$$

where

$\Delta\lambda_m$ : wavelength interval,

$n$ : effective refractive index of optical waveguide,

$\lambda$ : oscillation wavelength, and

$L$ : resonator length.

In this case, the diffraction grating pitch  $\Lambda_m$  is given by the following equation (3):

$$\Lambda_m = \frac{\lambda \pm m\Delta\lambda_m}{2n,} \quad \dots (3)$$

When the equation (2) is substituted into the equation (3), the equation (4) is obtained.

$$\Lambda_m = \frac{\lambda(2_n, L \pm m\lambda)}{4_n,^2 L} \quad \dots (4)$$

( $m$ : integer)

The central diffraction grating pitch is set to  $\Lambda_0$ , and three kinds of the diffraction grating pitches are formed on the condition of  $m=1$  in the equation (4). In the arrangement of the diffraction gratings, the diffraction grating having the diffraction grating pitch of  $\Lambda_0$  is located in the center, and the diffraction gratings having the diffraction grating pitch of  $\Lambda_1$  are placed on the both sides of the diffraction grating having the diffraction grating pitch of  $\Lambda_0$ . As the oscillation wavelength is set to 1310 nm,  $\Lambda_0=1770\text{\AA}$ ,  $\Lambda_0=1771.3\text{\AA}$ , and  $1769.2\text{\AA}$  can be obtained as pitches of the diffraction grating 2.

Since the oscillation wavelength has three modes in the distributed feedback semiconductor laser having the configuration, the oscillation wavelength of the distributed feedback semiconductor laser corresponds to the Fabry-Perot mode having the three to four oscillation wavelengths. Therefore, the distributed feedback semiconductor laser is not affected by a phase

change caused by end reflection. Since the interaction between the photon and the electron is distributed by three modes, the nonlinear output characteristics such as the kink hardly occur. Further, mode distribution is hardly generated because gain is specified in the diffraction grating, and large relative noise field intensity which is of the feature of the Fabry-Perot mode is improved.

Although the oscillation wavelength is set to 1310 nm in the embodiment, the oscillation wavelength may be set to 1550 nm or other wavelengths. While the three wavelength modes are formed in the embodiment, the effect of the present invention can be expected as long as the wavelength mode has at least two kinds. Further, it is possible to arbitrarily set a reflectance of the end face of the resonator.

#### [Effect of the Invention]

As described above, according to the present invention, since the plurality of diffraction gratings having the different pitches is arranged, the oscillation mode having the characteristics of the single longitudinal mode is obtained, although it is multimode. Therefore, it is possible to provide the distributed feedback semiconductor laser that has low noise characteristics and no nonlinearity.

#### 4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a sectional view of the configuration of a distributed feedback semiconductor laser according to an embodiment of the present invention.

Fig. 2 is a sectional view of a portion at an optical output side of a distributed feedback semiconductor laser according to an embodiment of the present invention.

Fig. 3 is a sectional view of the configuration of a conventional distributed feedback semiconductor laser.

1 … N-type semiconductor substrate, 2 … Diffraction grating, 3 … Optical waveguide layer, 4 … Active layer, 5 … Cladding layer, 6 … Contact layer, 7 and 8 … Electrode, and 9 … Inverse junction blocking layer.